

26.10.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 23 DEC 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年10月23日
Date of Application:

出願番号 特願2003-363514
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-363514]

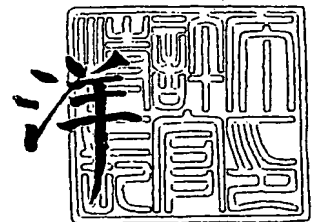
出願人 株式会社東芝
Applicant(s): 東芝マテリアル株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年12月9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 DMAT03-001
【提出日】 平成15年10月23日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01F 27/25
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 東芝マテリアル株式会社
 内
 【氏名】 井上 哲夫
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 東芝マテリアル株式会社
 内
 【氏名】 日下 隆夫
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 東芝マテリアル株式会社
 内
 【氏名】 山田 大樹
【特許出願人】
 【識別番号】 000003078
 【氏名又は名称】 株式会社東芝
【特許出願人】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地
 【氏名又は名称】 東芝マテリアル株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100077849
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 須山 佐一
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014395
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0007496

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数の磁性合金薄帯を非接着状態で積層した積層物と、前記積層物の外周面の少なくとも一部を非接着状態で覆うように配置され、かつ柔軟性を有する絶縁物からなる絶縁被覆層とを有するコアと、

前記コアの周囲に配置されたコイルと
を具備することを特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 2】

複数の磁性合金薄帯を柔軟性を有する絶縁性接着剤層を介して積層した積層物からなるコアと、

前記コアの周囲に配置されたコイルと
を具備することを特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 3】

磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、

前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、

前記コイルの長手方向の長さを a [mm]、前記コアの前記コイルの長手方向に対応する長さを b [mm] としたとき、 $a \leq b - 2$ [mm] を満足することを特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 4】

複数の磁性合金薄帯を層間絶縁層を介して積層した積層物からなるコアと、

前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、

前記磁性合金薄帯はその幅方向の端部が前記層間絶縁層の端部より内側に位置していることを特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 5】

長手方向に誘導磁気異方性が付与された磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、

前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、

200kHz以下の周波数領域で使用されることを特徴とするインダクタンス素子。

【請求項 6】

磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備するインダクタンス素子を製造するにあたり、

所望の形状よりも幅広の磁性合金薄帯を磁界中で熱処理し、前記幅広の磁性合金薄帯の幅方向に磁気異方性を付与する工程と、

前記磁気異方性を付与した前記幅広の磁性合金薄帯の表面に絶縁処理を施す工程と、

前記絶縁処理が施された前記幅広の磁性合金薄帯を所望の形状に加工および積層し、前記磁性合金薄帯の積層物からなるコアを作製する工程と、

前記コアの周囲に導体を配して前記コイルを形成する工程と

を具備することを特徴とするインダクタンス素子の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】インダクタンス素子とその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波により信号の伝達等を行う各種機器のアンテナ素子に好適なインダクタンス素子とその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、アンテナ素子や情報を記憶する回路素子を具備するデータキャリア部品と外部機器（リーダライタ等）との間で、電波により信号の伝達等を行うシステムが各種の分野で使用されている。データキャリア部品としては、各種の物品管理や物流管理、また入退出管理、各種チケット、車載用のキーレスエントリやイモビライザ、携帯電話を始めとする各種携帯機器の内臓部品等に利用されているRFタグ（信号周波数：120～140kHz（代表的には134.2kHz））、ペンタグ（信号周波数：500kHz）、非接触ICカード（信号周波数：13.56MHz帯）等が実用化されている。また、腕時計型電波時計、据置型電波時計、車載用電波時計等の電波時計も、電波により外部機器との間で信号の伝達を行うシステムを利用しており、40kHz、60kHz、66.8kHz、78kHz等の40～120kHzの信号搬送周波数が使用されている。

【0003】

上述したようなデータキャリア部品や電波時計等に用いるアンテナ素子としては、空心コイルまたは磁気コアとコイルとを組合せたインダクタンス素子（インダクタ）が用いられているが、空心コイルでは数100kHz以下程度の低い周波数領域で使用するのに十分なインダクタンス L と Q 値（品質係数 $Q = \omega \cdot L / R$ （ ω ：角周波数， L ：インダクタンス， R ：抵抗））を得ることが難しい。このため、低い周波数領域で使用するアンテナ素子には、磁気コアとコイルとを組合せたインダクタ素子が用いられている。アンテナ素子のコアにはフェライトを用いることが一般的であったが、フェライトは脆いために僅かに変形しただけでも割れ等が生じると共に、磁気特性的にも透磁率が低い等の難点を有することから、薄型化や小型化等が求められているアンテナ素子に対応することができない。特に、携帯用の機器では耐衝撃性が求められることから、割れ等が生じやすいフェライトでは小型化を達成することができない。また、フェライトはキュリー温度が200℃程度と低いことから、安定した温度特性が得られないという難点も有している。

【0004】

このような点に対して、例えば特許文献1～3にはアンテナ用の磁気コアにアモルファス磁性合金薄帯やナノ結晶磁性合金薄帯の積層物を使用することが記載されている。しかしながら、従来の磁性合金薄帯の積層物（コア）の周囲に巻線（コイル）を施して構成したアンテナ素子では、データキャリア部品や電波時計等に求められている小型・高性能化に対して必ずしも十分な特性が得られていないのが現状である。例えば、アンテナ素子を携帯型の機器等に適用する場合、限られたスペース内に配置することが重要であり、そのためには曲げた状態で配置することも必要となる。しかし、例えば特許文献2～3では磁性薄帯間を絶縁性樹脂で接着しているため、磁気コアの剛性が高くても容易に曲げることができない。また、磁気コアを曲げることができたとしても、曲げた際の大きな応力で磁性合金薄帯の特性が劣化してしまう。直方体形状の磁気コア等では実装形態が制限されるため、曲げた場合においても特性低下が少ない磁気コア、並びにそのような磁気コアを用いたアンテナ素子（インダクタ）が求められている。

【0005】

また、アンテナ素子の本質的な小型・高性能化を実現するためには、インダクタンス L 等の磁気特性自体をより一層高めることが重要である。アンテナ素子の特性は磁性合金薄帯の特性のみならず、その形状や寸法等にも影響されるが、従来の磁性合金薄帯の積層物からなるコアを用いたアンテナ素子においては、小型化した際に特性に影響を及ぼす因子が十分に検討されていないことから、最近のデータキャリア部品や電波時計等に求められ

ている小型・高性能化に対応できるほどの特性（例えばインダクタンス L ）を得るまでには至っていない。

【0006】

例えば、特許文献3には磁性合金薄帯の幅方向に誘導磁気異方性を付与することが記載されている。磁気異方性を薄帯幅方向に付与した磁性合金薄帯は、一般的に比較的高い周波数領域で使用するアンテナ素子に求められる特性（例えば良好な Q 値）を有するものの、使用する周波数領域によっては特性が低下する場合もある。さらに、特許文献3には磁性合金薄帯を所望の形状に加工し、さらにこれら磁性合金薄帯を積層した後に、磁性合金薄帯の幅方向に磁界を印加しながら熱処理（磁場中熱処理）することによって、誘導磁気異方性を磁性合金薄帯の幅方向に付与している。しかし、アンテナ素子の小型化を実現する上で、磁性合金薄帯の幅を狭小化した場合には反磁界の影響が無視できなくなり、アンテナ素子の特性低下を招くおそれ大きい。

【特許文献1】特開平5-267922号公報

【特許文献2】特開平7-221533号公報

【特許文献3】特開平7-278763号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述したように、従来の磁性合金薄帯の積層物をコアとして用いたアンテナ素子（インダクタ）では、小型・高性能化に対して必ずしも十分な特性は得られていない。最近のデータキャリア部品や電波時計等においては薄型化や小型化等がさらに進められていることから、このような小型・高性能化等に対応することが可能なアンテナ素子（インダクタ）が強く求められている。

【0008】

本発明はこのような課題に対処するためになされたもので、例えばデータキャリア部品や電波時計等の薄型化や小型化に対応し得る特性を得ることが可能なインダクタンス素子とその製造方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明における第1のインダクタンス素子は、複数の磁性合金薄帯を非接着状態で積層した積層物と、前記積層物の外周面の少なくとも一部を非接着状態で覆うように配置され、かつ柔軟性を有する絶縁物からなる絶縁被覆層とを有するコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備することを特徴としている。

【0010】

本発明における第2のインダクタンス素子は、複数の磁性合金薄帯を柔軟性を有する絶縁性接着剤層を介して積層した積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備することを特徴としている。

【0011】

本発明における第3のインダクタンス素子は、磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、前記コイルの長手方向の長さを a [mm]、前記コアの前記コイルの長手方向に対応する長さを b [mm]としたとき、 $a \leq b - 2$ [mm]を満足することを特徴としている。

【0012】

本発明における第4のインダクタンス素子は、複数の磁性合金薄帯を層間絶縁層を介して積層した積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、前記磁性合金薄帯はその幅方向の端部が前記層間絶縁層の端部より内側に位置していることを特徴としている。

【0013】

本発明における第5のインダクタンス素子は、長手方向に誘導磁気異方性が付与された磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備し、

200kHz以下の周波数領域で使用されることを特徴としている。

【0014】

本発明のインダクタンス素子の製造方法は、磁性合金薄帯の積層物からなるコアと、前記コアの周囲に配置されたコイルとを具備するインダクタンス素子を製造するにあたり、所望の形状よりも幅広の磁性合金薄帯を磁界中で熱処理し、前記幅広の磁性合金薄帯の幅方向に磁気異方性を付与する工程と、前記磁気異方性を付与した前記幅広の磁性合金薄帯の表面に絶縁処理を施す工程と、前記絶縁処理が施された前記幅広の磁性合金薄帯を所望の形状に加工および積層し、前記磁性合金薄帯の積層物からなるコアを作製する工程と、前記コアの周囲に導体を配して前記コイルを形成する工程とを具備することを特徴としている。

【発明の効果】

【0015】

本発明の第1および第2のインダクタンス素子によれば、曲げた状態で使用する場合には、特性の低下を抑制することができる。本発明の第3のインダクタンス素子によれば、インダクタンスのコア長さ依存性が抑制されるため、例えば小型化する場合においても良好なインダクタンスを安定して得ることができる。本発明の第4のインダクタンス素子によれば、磁性合金薄帯の端部間におけるショートが防止されるため、例えば小型化する場合においても良好なインダクタンスを安定して得ることができる。本発明の第5のインダクタンス素子によれば、使用周波数領域に応じて良好なインダクタンスを得ることができる。また、本発明のインダクタンス素子の製造方法によれば、狭小化した磁性合金薄帯に対しても薄帯幅方向に良好な磁気異方性を付与することができるため、良好なインダクタンスを有する小型のインダクタンス素子を再現性よく作製することができる。これらによって、小型・高性能なインダクタンス素子を実現することが可能となる。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明を実施するための形態について説明する。まず、図1ないし図3を参照して、本発明の第1の実施形態によるインダクタンス素子（インダクタ）について述べる。図1、図2および図3は本発明の第1の実施形態によるインダクタの概略構成を示す図であり、図1はその斜視図、図2は図1のコア部分をA-A線に沿って切断した横断面図、図3は図1に示すインダクタのB-B線に沿った縦断面図である。これらの図に示すインダクタ1は、長尺形状のコア（磁心）2と、このコア2の周囲にコイル導体3を所定のターン数で巻回して構成したコイル（ソレノイドコイル）4とを具備している。なお、コイル導体3には樹脂被覆された銅線等が用いられるが、これに限られるものではない。

【0017】

上記したコア2は複数の磁性合金薄帯5、5…を非接着状態で積層した積層物6を有している。ここで、非接着状態とは力が加わった際に磁性合金薄帯5が個々に力に応じた変形、滑りを起し、相対位置の変化が可能な状態を示すものである。従来の接着剤の塗布や樹脂含浸等の方法で積層した場合、磁性合金薄帯は相互に固定されているため、個々の変形や滑りは接着剤や樹脂の変形に制限される。なお、図1～図3に示した積層物6は個々に独立した磁性合金薄帯5を重ね、その周囲を絶縁被覆層7で覆った状態を示している。磁性合金薄帯5の積層物6は、中空形状とした絶縁被覆層7の内部に挿入する等してもよい。また、図1～図3は磁性合金薄帯5が整列した状態の積層物6を示しているが、磁性合金薄帯5はランダムに挿入されている状態であってよい。

【0018】

コア2を構成する磁性合金薄帯5には、例えばアモルファス磁性合金薄帯や微結晶磁性合金薄帯等が用いられる。アモルファス磁性合金薄帯としては、例えば

一般式： $(T_{1-a}M_a)_{100-b}X_b \cdots (1)$

（式中、TはCoおよびFeから選ばれる少なくとも1種の元素を、MはNi、Mn、Cr、Ti、Zr、Hf、Mo、V、Nb、W、Ta、Cu、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、ReおよびSnから選ばれる少なくとも1種の元素を、XはB、Si、Cおよ

びPから選ばれる少なくとも1種の元素を示し、 a および b は $0 \leq a \leq 0.3$ 、 $10 \leq b \leq 35at\%$ を満足する数である)

で実質的に表される組成を有するものが挙げられる。

【0019】

上記した(1)式において、T元素は磁束密度、磁歪値、鉄損等の要求される磁気特性に応じて組成比率を調整するものとする。M元素は熱安定性、耐食性、結晶化温度の制御等のために添加される元素である。M元素の添加量は a の値として0.3以下とすることが好ましい。M元素の添加量があまり多すぎると相対的にT元素量が減少することから、アモルファス磁性合金薄帯の磁気特性が低下する。M元素の添加量は a の値として0.01~0.15の範囲とすることがより好ましい。X元素はアモルファス合金を得るのに必須の元素であり、特にBは合金のアモルファス化に有効な元素、Siはアモルファス相の形成を助成したり、また結晶化温度の上昇に有効な元素である。X元素の含有量があまり多すぎると透磁率の低下や脆さが生じ、逆に少なすぎるとアモルファス化が困難になることから、X元素の含有量は10~35at%の範囲とすることが好ましい。X元素の含有量は15~25at%の範囲とすることがさらに好ましい。

【0020】

また、微結晶磁性合金薄帯としては、

一般式： $F e_{100-c-d-e-f-g-h} A c D d E e S i f B g Z h \dots (2)$

(式中、AはCuおよびAuから選ばれる少なくとも1種の元素を、DはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Ni、Coおよび希土類元素から選ばれる少なくとも1種の元素を、EはMn、Al、Ga、Ge、In、Snおよび白金族元素から選ばれる少なくとも1種の元素を、ZはC、NおよびPから選ばれる少なくとも1種の元素を示し、 c 、 d 、 e 、 f 、 g および h は $0.01 \leq c \leq 8at\%$ 、 $0.01 \leq d \leq 10at\%$ 、 $0 \leq e \leq 10at\%$ 、 $10 \leq f \leq 25at\%$ 、 $3 \leq g \leq 12at\%$ 、 $15 \leq f + g + h \leq 35at\%$ を満足する数である)

で実質的に表される組成を有するFe基合金からなり、かつ面積比で組織の20%以上が粒径50nm以下の微結晶粒からなるものが挙げられる。

【0021】

上記した(2)式において、A元素は耐食性を高め、結晶粒の粗大化を防ぐと共に、鉄損や透磁率等の磁気特性を改善する元素である。A元素の含有量があまり少ないと結晶粒の粗大化抑制効果等を十分に得ることができず、逆にあまり多すぎると磁気特性が劣化することから、A元素の含有量は0.01~8at%の範囲とすることが好ましい。D元素は結晶粒径の均一化や磁歪の低減等に有効な元素であり、その含有量は0.01~10at%の範囲とすることが好ましい。E元素は軟磁気特性や耐食性の改善に有効な元素であり、その含有量は100at%以下とすることが好ましい。SiおよびBは薄帯製造時における合金のアモルファス化を助成する元素であり、Siの含有量は10~25at%の範囲、Bの含有量は3~12at%の範囲とすることが好ましい。なお、SiおよびB以外のアモルファス化助成元素としてZ元素を含んでいてもよく、その場合にはSi、BおよびZ元素の合計含有量を15~35at%の範囲とすることが好ましい。微結晶構造は、特に粒径が5~30nmの結晶粒を合金中に面積比で50~90%の範囲で存在させた形態とすることが好ましい。

【0022】

磁性合金薄帯5として用いるアモルファス磁性合金薄帯は、例えば液体急冷法(溶湯急冷法)により作製される。具体的には、所定の組成比に調整した合金素材を熔融状態から急冷することにより得られる。微結晶磁性合金薄帯は、例えば液体急冷法によりアモルファス合金薄帯を作製した後、その結晶化温度に対して-50~+120℃の範囲の温度で1分~5時間の熱処理を行い、微結晶粒を析出させる方法、あるいは液体急冷法の急冷速度を制御して、微結晶粒を直接析出させる方法等により得ることができる。このような磁性合金薄帯5は曲げた際の薄帯間の滑り性等を考慮して、表面粗さRfが0.08~0.45の範囲の表面粗さを有することが好ましい。

【0023】

ここで、表面粗さRfはJIS-B-0601に規定される基準長さ2.5mmにおける10点平均粗さを

R_z 、磁性合金薄帯5の質量より求めた平均板厚 T としたとき、 $R_f = R_z/T$ の式に基づいて求められる値であり、表面粗さを特徴付けるパラメータである。磁性合金薄帯5の表面粗さ R_f が大きいと、曲げた際に薄帯間の滑りが悪くなることで応力が大きくなり、これによって磁性合金薄帯5の磁気特性が低下する。また、表面の平滑度が高すぎる（表面粗さ R_f が小さすぎる）と密着して滑りにくくなり、この場合にも応力が大きくなって磁性合金薄帯5の磁気特性が低下する。磁性合金薄帯5の表面粗さ R_f は0.1~0.35の範囲であることがより好ましい。

【0024】

上記したアモルファス磁性合金薄帯や微結晶磁性合金薄帯からなる磁性合金薄帯5の厚さは5~50 μm の範囲とすることが好ましい。磁性合金薄帯5の厚さが50 μm を超えると透磁率が低くなり、インダクタ1としての特性が低下するおそれがある。一方、磁性合金薄帯5の板厚を5 μm 未満としても、それ以上の効果が得られないばかりか、逆に製造コストの増加等を招くことになる。磁性合金薄帯5の厚さは5~35 μm の範囲とすることがより好ましく、さらに好ましくは10~25 μm の範囲である。磁性合金薄帯5の形状は、インダクタ1の用途や形状、また要求される特性等に応じて適宜に設定するものとするが、磁性合金薄帯5の曲げやすさ等を考慮した場合には、その厚さ t に対する幅 w の比(w/t)が10以上、厚さ t に対する長さ l の比(l/t)が100以上の形状を有することが好ましい。また、磁性合金薄帯5は後述するように、その幅方向に磁気異方性が付与されていることが好ましい。磁気異方性の付与方向は後に詳述するように、使用周波数によっては薄帯長手方向に付与してもよい。

【0025】

また、アモルファス磁性合金薄帯や微結晶磁性合金薄帯において、その合金組成を適切化すると共に適当な熱処理を施すことによって、磁歪値を低減することができる。磁性合金薄帯5の具体的な磁歪値はその絶対値として 25×10^{-6} 以下とすることが好ましい。磁性合金薄帯5の磁歪は以下に示すストレンゲージ法により測定する。すなわち、例えばゲージ線($\text{Ni}_{57}\text{Mn}_{24}\text{Cr}_{16.5}\text{Mo}_{2.5}$ 組成)を有するストレンゲージを、磁性合金薄帯の表面をアセトン等の溶剤で清浄にした後に、例えばニトロセルローズ系、ポリエステル系、フェノール樹脂、アラルダイト、ポリエステル系等の接着剤を用いて貼り付ける。ホイートストーンブリッジ回路にて、磁性合金薄帯の外部磁界印加方向の長さを L としたとき、その方向に磁気飽和させたときに得られる伸び ΔL から、 $\Delta L/L$ として得られる λ_s ($=\Delta L/L$)を飽和磁歪と呼ぶ。

【0026】

具体例として、幅2mm、長さ30mmに加工したアモルファス磁性合金薄帯(合金組成: ($\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$)₇₈(Si_8B_{14})₂₂)を20枚積層し、この積層物を熱収縮チューブで固定したコアに、内径3mm、巻き数100turnの巻線を施して作製したインダクタについて、これを5mm曲げたとき(ここでの5mmはコアを円弧状に変形させたときの両端を結んだ直線とコア中央部との直線距離を指す)のインダクタンス特性の変化を表1に示す。表1の判定結果は、コアが直線状態のときの100kHzにおけるインダクタンス値から30%低下するか否かで判断したときの結果を○、×で、さらに変化が10%以内のときを◎で示す。表1の判定結果から、磁性合金薄帯2の磁歪値(λ_s)はその絶対値が 25×10^{-6} 以下であることが好ましい。さらに安定した特性を得るためには、磁性合金薄帯2の磁歪値(λ_s)はその絶対値が 10×10^{-6} 以下であることが望ましい。

【0027】

【表1】

試料 No	合金組成 のx値	$ \lambda s $ ($\times 10^{-6}$)	L特性の 判定結果
1	0	28	×
2	0.2	25	○
3	0.4	20	○
4	0.6	18	○
5	0.8	7	◎
6	1	5	◎

【0028】

上述した磁性合金薄帯5は図示を省略した層間絶縁層を介して非接着状態で積層されている。層間絶縁層としては磁性合金薄帯5の表面酸化膜、絶縁性酸化物の被膜や粉体付着層、絶縁性樹脂被膜等、各種公知の絶縁物を使用することが可能であるが、磁性合金薄帯5の層間を接着して固定しないように、接着性を有していない絶縁物を使用するものとする。このような複数の磁性合金薄帯5を非接着状態で積層した積層物6は、その積層状態が維持されるように、柔軟性を有する絶縁物からなる絶縁被覆層7で少なくとも一部が覆われており、これらによってコア2が構成されている。ただし、積層物6と絶縁被覆層7とが接着されていると、積層物6を曲げた際に磁性合金薄帯5の変形や滑りが拘束されるため、絶縁被覆層7は積層物6の外周面の少なくとも一部を非接着状態で覆うように配置されている。

【0029】

絶縁被覆層7の構成材料には柔軟性を有する絶縁物が用いられるが、単に伸びが大きいだけではコイル導体3を巻回する際の擦れや圧力等によって破損してしまうおそれがある。絶縁被覆層7が破損すると、磁性合金薄帯5間がショートしてインダクタ1の特性が低下する。このため、絶縁被覆層7の構成材料には柔軟性と共に、巻線加工に耐え得る硬さや耐磨耗性等を有する絶縁性材料、具体的にはシリコンゴム系、フッ素ゴム系、ブタジエンゴム系等の絶縁性ゴム材料や、シリコン系、ポリエチレン系、ポリプロピレン系、ポリエステル系、ポリアミド系、フッ素樹脂系、ポリアセタール樹脂系等の絶縁性プラスチック材料を使用することが好ましい。特に、柔軟に変形させるためには、10%以上の伸び率を有すると共に、巻線加工に耐えるような硬さとしてショア硬度20以上の材料を使用することが好ましい。絶縁被覆層7の厚さはそれ自体の破損強度等を損なわない範囲で薄くすることが好ましい。絶縁被覆層7を厚くすれば破損を防ぐことができるものの、それ自体の伸びや磁性合金薄帯5の変形、滑り等を拘束するおそれが大きくなるため、上記したような絶縁性材料からなる絶縁被覆層7の厚さは1mm以下とすることが好ましい。

【0030】

磁性合金薄帯5の積層物6の外周面を非接着の絶縁被覆層7で覆った状態は、例えば上記したようなゴム材料やプラスチック材料等の絶縁性樹脂からなるチューブ内に磁性合金薄帯5の積層物6を挿入する、あるいは絶縁性樹脂からなるシートで磁性合金薄帯5の積層物6を包み、シート端部間のみを接着する等によって得ることができる。特に、絶縁性樹脂チューブは小型化された積層物6の絶縁被覆層7として有効である。なお、絶縁被覆層7は積層物6のコイル導体3を巻回する部分を少なくとも覆っていればよいが、磁性合金薄帯5の積層状態を維持して取扱い性の低下等を防ぐためには、積層物6の周面全体を絶縁被覆層7で覆うことが好ましい。さらに、非接着状態の積層物6を所定形状に変形させた後に、接着剤や樹脂含浸等により一部を固定したり、また絶縁性のホルダに入れる、あるいは層間の絶縁物を硬化・固着する等によって、湾曲形状のコアを得ることも可能である。また、組立て性の向上や形状の安定化のために、積層物6の一部を接着性樹脂やバンド等で固定する等の方法を用いた場合であっても、磁性合金薄帯5の大半がフリーであれば本発明の効果をすることができる。

【0031】

絶縁被覆層 7 の内部空間は、インダクタンス L 等の特性を高める上では積層物 6 で満たされている方がよいが、絶縁被覆層 7 の内部空間に対する積層物 6 の占積率があまり大きすぎるとコア 2 の曲げ性等が低下するため、絶縁被覆層 7 内には磁性合金薄帯 5 の積層物 6 が自由に変形できる空間を残しておくことが好ましい。具体的には、絶縁被覆層 7 の内部空間（例えば絶縁性樹脂チューブの内容積）に対する積層物 6 の占積率を 90% 以下とすることが好ましく、さらには 80% 以下とすることが望ましい。ただし、占積率があまり小さすぎてもインダクタ 1 の特性が低下するため、積層物 6 の占積率は 30% 以上とすることが好ましい。積層物 6 の占積率を低下させる方法として、例えば幅が異なる磁性合金薄帯 5 を積層して積層物 6 を構成することも有効である。なお、ここで言う占積率とは、絶縁被覆層 7 の内部空間に積層物 6 を最密充填した断面占積率を 100 とした場合の相対値を示すものとする。

【0032】

このように、コア 2 を構成する磁性合金薄帯 5 の積層物 6 は、フリーな状態で絶縁被覆層 7 内に配置されていると共に、絶縁被覆層 7 自体も柔軟性を有するため、コア 2 を容易に曲げる（例えば湾曲させる）ことができ、さらに曲げた状態においても磁性合金薄帯 5 に不要な歪や応力が生じることを防ぐことができる。これによって、インダクタ 1 を限られたスペース内に配置する場合においても、インダクタ 1 本来の特性（インダクタンスや Q 値等）の低下を抑制することが可能となる。すなわち、インダクタ 1 を搭載する各種機器の小型・高性能化等に対応することができる。

【0033】

図 1 ないし図 3 に示したインダクタ 1 においては、複数の磁性合金薄帯 5 を非接着状態で積層した積層物 6 を用いたが、例えば図 4 に示すように、複数の磁性合金薄帯 5 を柔軟性を有する絶縁性接着剤層 8 を介して積層した積層物 6 を用いた場合においても、コア 2 の曲げ性を高めることができ、これによって曲げた状態での磁性合金薄帯 5 の歪や応力の発生を抑制することが可能となる。

なお、図 4 はインダクタ 1 の変形例の横断面図である。このようなインダクタ 1 においても、曲げた状態で配置する場合の特性低下を抑制することができ、インダクタ 1 を搭載する各種機器の小型・高性能化等に対応することが可能となる。なお、図 4 に示すインダクタ 1 は、複数の磁性合金薄帯 5 を柔軟性を有する絶縁性接着剤層 8 を介して積層した積層物 6 を用いる以外は図 1 ないし図 3 に示したインダクタ 1 と同様な構成を有している。

【0034】

図 4 に示したインダクタ 1 において、柔軟性を有する絶縁性接着剤層 8 には例えば接着強度よりも、変形性に優れると共に、磁性合金薄帯 5 同士が接触して渦電流が増加しないように高い電気絶縁性を有することが重要である。このような絶縁性接着剤層 8 には、例えばクロロブレンゴム系、ニトリルゴム系、ポリサルファイド系、ブタジエンゴム系、SBR 系、シリコンゴム系等のエラストマー系、また酢酸ビニル系、ポリビニルアルコール系、ポリビニルアセタール系、塩化ビニル系、ポリスチレン系、ポリイミド系等の熱可塑性を中心とする樹脂系、さらにはこれらを混合した接着剤等を使用することが好ましい。柔軟性を有する絶縁性接着剤層 8 の厚さは、それ自体の伸びや磁性合金薄帯 5 の変形等を妨げないように 0.1mm 以下とすることが好ましい。特に、柔軟に変形させるためには、100% 以上の伸び率と磁性合金薄帯 5 間の絶縁性を確保し得る 500V/mm 以上の絶縁耐圧を有する材料を使用することが好ましい。

【0035】

上述した実施形態のインダクタ 1 は、例えばアンテナ素子や方位センサのような磁気センサ等として使用されるものである。特に、インダクタ 1 は信号搬送周波数が 120~140kHz の RF タグや信号搬送周波数が 500kHz 程度のペンタグ等のデータキャリア部品、また信号搬送周波数が 40~120kHz の電波時計のアンテナ素子として好適である。すなわち、信号搬送周波数が 500kHz 以下のデータキャリア部品や電波時計のアンテナ素子にインダクタ 1 を適用することによって、データキャリア部品や電波時計の小型・高性能化等に寄与することができる。インダクタ 1 はそれを搭載する機器の小型化や薄型化等に有効であること

から、携帯型の機器に好適に使用されるものである。なお、データキャリア部品は、例えばアンテナ素子としてのインダクタ 1 と、情報を記憶する素子やその他の回路等を含む回路部品（例えば IC チップ）とを具備する。このようなデータキャリア部品と外部機器（リーダーライタ等）との間で、電波により信号の伝達等が行われる。

【0036】

次に、本発明の第 2 の実施形態によるインダクタンス素子（インダクタ）について、図 5 ないし図 8 を参照して説明する。図 5 は本発明の第 2 の実施形態によるインダクタの概略構成を示す縦断面図である。同図に示すインダクタ 11 は、前述した第 1 の実施形態と同様に、長尺形状のコア（磁心）12 と、このコア 12 の周囲にコイル導体を所定のターン数で巻回して構成したコイル（ソレノイドコイル）13 とを具備している。コア 12 は、複数の磁性合金薄帯 14 を層間絶縁層 15 を介して積層した積層物 16 と、この積層物 16 の外周面を覆う等して固定もしくは保持する絶縁被覆層 17 とを有している。

【0037】

磁性合金薄帯 14 間に配置されている層間絶縁層 15 には、絶縁性樹脂被膜、磁性合金薄帯 14 の表面酸化膜、絶縁性酸化物の被膜や粉体付着層等、各種公知の絶縁物を使用することができる。また、層間絶縁層 15 は前述した第 1 の実施形態と同様に、磁性合金薄帯 14 間の非接着状態を維持するものであってもよいし、また磁性合金薄帯 14 間の接着層を兼ねるものであってもよい。なお、磁性合金薄帯 14 は前述した第 1 の実施形態と同様な構成、例えば合金組成、磁歪値、厚さ、形状等を有していることが好ましい。また、絶縁被覆層 17 は前述した第 1 の実施形態と同様に絶縁性樹脂チューブで構成してもよいし、一般的な樹脂含浸等を適用してもよい。

【0038】

図 5 に示すインダクタにおいて、コイル 13 の長手方向（コイル導体を巻回して構成したソレノイドコイルの軸方向）の長さを a [mm]、コア 12 のコイル長手方向に対応する方向の長さ（磁性合金薄帯 14 の長手方向の長さ）を b [mm] としたとき、コイル長さ a はコア長さ b に対して $a \leq b - 2$ [mm] の関係を満足している。このようなコイル長さ a とコア長さ b との関係を満足させることによって、インダクタンス L を向上させることができる。すなわち、 $a \leq b - 2$ [mm] の関係を満足する場合には、磁性合金薄帯 14 の長手方向に通る磁束が有効にコイル 13 を鎖交するため、インダクタンス L を高めることができる。一方、例えばコイル長さ a とコア長さ b とが同程度である場合には、インダクタンス L に対して有効に働かない磁束、すなわちコイル 13 の脇から漏れる磁束が多くなるため、インダクタンス L が低下する。

【0039】

このように、コア長さ b をコイル長さ a より両端部でそれぞれ 1mm 以上長くする（ $a + 2 \leq b$ ）ことによって、コア長さ b に応じて十分なインダクタンス L を得ることができる。言い換えると、インダクタンス L のコイル長さ a に対する依存性が低減され、良好なインダクタンス L を安定して得ることが可能となる。具体的には、 $a \leq b - 2$ [mm] の関係を満足させることで、コア長さ b で得られる最大インダクタンスに対して実用的なインダクタンス（例えば 60% 以上のインダクタンス）を確保することができる。言い換えると、コイル長さ a がコア長さ b に対して $a > b - 2$ [mm] となると、インダクタンスが急激に減少する。コイル長さ a とコア長さ b との関係は、さらに $a \leq b - 4$ [mm] を満足させることがより好ましく、これによってインダクタンスをさらに安定して向上させることが可能となる。

【0040】

コイル長さ a はコア長さ b に対して長くするほどインダクタンスが向上するが、あまりコア長さ b を長くしすぎてもそれ以上の効果を得ることができないと共に、インダクタ 1 の小型化が阻害されるおそれがあるため、実用的にはコア長さ b はコイル長さ a に対して $b \leq a + 30$ [mm] の関係を満足させることが好ましい。同様に、コイル長さ a を短くするほどインダクタンスが向上するが、あまりコイル長さ a を短くしすぎると必要なターン数を得ることが困難になるため、実用的にはコイル長さ a は 1mm 以上とすることが好ましい。なお、このようなコイル長さ a とコア長さ b との関係は、前述した第 1 の実施形態のイン

ダクタ 1 に対しても有効に作用することから、インダクタ 1 のコア 2 とコイル 4 においても同様な関係を満足させることが好ましい。

【0041】

第 2 の実施形態のインダクタ 1 1 におけるコア 1 2 の形状についてさらに詳述すると、例えば図 6 に示すように、絶縁性樹脂チューブ（熱収縮チューブ等を含む）や樹脂含浸等を適用した場合には、磁性合金薄帯 1 4 の積層物 1 6 の外周面全面が絶縁被覆層 1 7 で覆われる。また、コア 1 2 の製造工程によっては、図 7 に示すように、磁性合金薄帯 1 4 の積層物 1 6 の側面が露出されることがある。いずれにしても、積層物 1 6 を構成する磁性合金薄帯 1 4 の端部が層間絶縁層 1 5 で覆われていない場合には、図 8 に示すように、磁性合金薄帯 1 4 の幅方向の端部 1 4 a を層間絶縁層 1 5 の端部 1 5 a より内側に位置させることが好ましい。このような構成を適用することで、磁性合金薄帯 1 4 の積層物 1 6 の周囲にコイル導体を巻回した際の磁性合金薄帯 1 4 の端部 1 4 a 間におけるショートを抑制することができる。これによって、特性に優れるインダクタ 1 1 を安定して得ることが可能となる。

【0042】

層間絶縁層 1 5 の端部 1 5 a から磁性合金薄帯 1 4 の幅方向端部 1 4 a までの距離 d、言い換えると磁性合金薄帯 1 4 の幅方向端部 1 4 a が層間絶縁層 1 5 の端部 1 5 a から後退した距離 d は 0.001mm 以上とすることが好ましい。距離 d の設定値が 0.001mm を超えると僅かな不具合で磁性合金薄帯 1 4 の端部 1 4 a 間にショートが生じやすくなる。距離 d は 0.01mm 以上とすることがより好ましいが、距離 d が大きすぎると磁性合金薄帯 1 4 の体積が減少して磁気特性が低下するため、距離 d は 0.4mm 以下とすることが好ましく、さらには 0.1mm 以下とすることがより好ましい。なお、磁性合金薄帯 1 4 の幅方向端部 1 4 a を層間絶縁層 1 5 の端部 1 5 a より内側に後退させた構成は、例えば後述する製造工程に示すように、磁性合金薄帯 1 4 もしくはその積層物 1 6 に対してライトエッチングを施すことにより得ることができる。

【0043】

次に、本発明の第 3 の実施形態によるインダクタンス素子について、図 9 を参照して説明する。図 9 に示すインダクタ 2 1 は、前述した第 1 および第 2 の実施形態と同様に、長尺形状のコア（磁心）2 2 と、このコア 2 2 の周囲にコイル導体 2 3 を所定のターン数で巻回して構成したコイル（ソレノイドコイル）2 4 とを具備している。コア 2 2 は、複数の磁性合金薄帯 2 5 を図示しない層間絶縁層を介して積層した積層物 2 6 と、この積層物 2 6 の外周面を覆う等して固定もしくは保持する絶縁被覆層 2 7 とを有している。この第 3 の実施形態のインダクタ 2 1 においては、図中に矢印 X で示すように、コア 2 2 を構成する磁性合金薄帯 2 5 の長手方向に磁気異方性が付与されている。なお、その他の構成については第 1 または第 2 の実施形態と同様とすることが好ましい。

【0044】

このようなインダクタ 2 1 は 200kHz 以下の周波数領域で使用されるものである。すなわち、周波数領域が 200kHz 以下の場合には、長手方向に磁気異方性が付与された磁性合金薄帯 2 5 を用いることによって、幅方向に磁気異方性が付与された磁性合金薄帯を用いた場合に比べてインダクタンス L を高めることができる。このようなインダクタンス L の向上効果は、インダクタ 2 1 を 100kHz 以下の周波数領域で使用する場合により顕著になる。すなわち、長手方向に磁気異方性が付与された磁性合金薄帯 2 5 を用いたインダクタ 2 1 は、200kHz を超える周波数領域ではインダクタンス特性に劣るものの、周波数領域を下げることでインダクタンス L が高くなり、100kHz 以下の周波数領域でより良好なインダクタンス L を得ることができる。

【0045】

上述した第 2 および第 3 の実施形態のインダクタ 1 1、2 1 も、第 1 の実施形態と同様に、アンテナ素子や方位センサのような磁気センサ等として使用される。インダクタ 1 1 は信号搬送周波数が 120～140kHz の RF タグや信号搬送周波数が 500kHz 程度のペンタグ等のデータキャリア部品、また信号搬送周波数が 40～120kHz の電波時計のアンテナ素子とし

て好適である。インダクタ 21 は信号搬送周波数が 120~140kHz の RF タグや信号搬送周波数が 40~120kHz の電波時計のアンテナ素子として好適である。インダクタ 11、21 をデータキャリア部品や電波時計のアンテナ素子に適用することによって、それら機器の小型化や高性能化等を実現することができる。インダクタ 11、21 はそれを搭載する機器の小型化や薄型化等に有効であることから、携帯型の機器に好適に使用されるものである。

【0046】

次に、本発明の実施形態によるインダクタンス素子（インダクタ）の製造方法について、図 10 および図 11 を参照して説明する。図 10 は本発明の一実施形態によるインダクタンス素子（インダクタ）の製造工程を示している。まず、図 10 (a) に示すように、溶湯急冷法で幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 を作製する。幅広のアモルファス磁性合金薄帯に代えて、幅広の微結晶磁性合金薄帯またはその形成材料となるアモルファス合金薄帯を使用してもよい。ここで言う幅広の磁性合金薄帯 31 とは、コアを構成する磁性合金薄帯の最終寸法より広い幅を有するものを意味し、基本的には溶湯急冷法で作製した段階のアモルファス磁性合金薄帯 31 が使用される。溶湯急冷法で作製された幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 は通常ロール状に巻回されており、この状態で幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 に磁場中熱処理を施す。

【0047】

具体的には、図 10 (a) に示したように、幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 の幅方向（図中矢印 Y 方向）に磁界を印加しながら熱処理する。印加する磁界は、アモルファス磁性合金薄帯 31 の厚さ、幅および熱処理温度時の磁化により発生する反磁界より大きければよい。熱処理温度はアモルファス合金の結晶化温度およびキュリー温度より低いことが必要である。また、熱処理時間を長くするとアモルファス磁性合金薄帯 31 が脆化するため、所望の周波数特性が得られる範囲で短くすることが好ましい。このような磁場中熱処理によって、幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 にはその幅方向に磁気異方性が付与される。

【0048】

次に、幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 の表面に絶縁被膜（図示せず）を形成する。絶縁被膜には、例えば絶縁性樹脂被膜、絶縁性酸化物の被膜や粉体付着層、表面酸化膜等を使用することができる。このような幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 を、図 10 (b) に示すように適当な長さで仮切断し、この仮切断した幅広のアモルファス磁性合金薄帯 32 を所望の枚数で積層する。この積層物 33 は例えば絶縁性樹脂で固定する。次いで、この積層物 33 を図 10 (c) に示すように、コアを構成する磁性合金薄帯の幅に応じて切断する。この幅方向の切断を行った積層物 34 は最終寸法の幅を有している。

【0049】

ここで、積層物 34 の側面は切断面となっており、磁性合金薄帯の幅方向端部が露出しているため、切断バリ等でブリッジするおそれがある。そこで、この磁性合金薄帯の幅方向端部におけるブリッジを解消するために、積層物 34 にライトエッチングを施すことが好ましい。このライトエッチングは磁性合金薄帯の幅方向端部が層間絶縁層（上述した絶縁被膜）の端部より内側に位置するように実施する。具体的には、磁性合金薄帯の幅方向端部が層間絶縁層の端部から 0.001mm 以上、さらには 0.01mm 以上後退するように、ライトエッチングを実施することが好ましい。後退距離 d は前述したように 0.4mm 以下、さらには 0.1mm 以下とすることが好ましい。このライトエッチングは磁性合金薄帯の幅方向端部におけるショートを防ぐためのもので、幅方向切断によるバリの発生を抑制できれば省略してもよい。

【0050】

この後、積層物 34 を図 10 (d) に示すように、コアを構成する磁性合金薄帯の長さに応じて切断する。なお、この切断後にバリ対策としてライトエッチングを施してもよい。この長さ方向の切断を行った積層物 35 はコアとしての最終形状を有している。そして、幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 に施した磁場中熱処理に基づいて、磁性合金薄帯

の幅方向には磁気異方性が付与されている。このように、磁場中熱処理を施した幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 を最終寸法の幅に切断することによって、反磁界の影響による異方性の低下を抑制することができる。すなわち、幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 であっても、その幅方向端部には反磁界が生じるが、その後の切断工程で反磁界の影響が除かれるため、例えば磁性合金薄帯の幅を 15mm 以下というように狭小化した場合においても、磁性合金薄帯の幅方向に対して十分な磁気異方性を安定的に付与することが可能となる。従来のように、切断後に磁場中熱処理を実施した場合、反磁界の影響が大きくなるため、磁気異方性が低下してしまう。

【0051】

上述したような磁性合金薄帯の積層物 35 をコアとして用い、このコアの周囲に巻線を施してコイルを形成することによって、目的とするインダクタを得ることができる。このようにして作製されたインダクタによれば、コアを構成する磁性合金薄帯の幅方向に十分な磁気異方性が付与されていることに基づいて、インダクタンス値を向上させることが可能となる。なお、図 10 (b) に示した仮切断工程を行わずに、当初から幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 を所望の長さに切断し、これを積層した場合にも同様の効果を得ることができる。

【0052】

さらに、図 11 に示すように、磁場中熱処理を施した幅広のアモルファス磁性合金薄帯の表面に絶縁被膜を形成した後、その幅広のアモルファス磁性合金薄帯を再度巻き取り、この巻き取った状態の幅広のアモルファス磁性合金薄帯を磁性合金薄帯の最終幅に応じて切断してもよい (図 11 (a))。この最終幅に切断したアモルファス磁性合金薄帯 36 にライトエッチングを施した (図 11 (b)) 後、適当な長さに仮切断し、さらに所望の枚数を積層する (図 11 (c))。この積層物 37 を絶縁性樹脂チューブ (例えば熱収縮チューブ) 38 に挿入して固定する (図 11 (d))。積層物 37 の固定には、その両外層上に珪素鋼板等の補強材を積層し、これら補強材と共に積層物を固定バンドで固定する方法、また樹脂含浸法で固定する方法等を適用してもよい。幅方向切断によるバリ発生が抑制できれば、ライトエッチングを省いてもよい。

【0053】

この後、絶縁性樹脂チューブ 38 で固定した積層物 37 を、コアを構成する磁性合金薄帯の長さに応じて切断する (図 11 (e))。切断した積層物 39 はコアとしての最終形状を有している。このような製造工程によっても、磁場中熱処理を施した幅広のアモルファス磁性合金薄帯 31 を最終寸法の幅に切断しているため、反磁界の影響による異方性の低下を抑制することができる。なお、仮切断工程を省き、最終幅に切断したアモルファス磁性合金薄帯 36 を当初から所望の長さに切断し、それを所望の枚数で積層した積層物を絶縁性樹脂チューブに挿入して固定するようにしてもよい。そして、磁性合金薄帯の積層物 39 をコアとして用い、このコアの周囲に巻線を施してコイルを形成することによって、目的とするインダクタが得られる。

【0054】

上述した実施形態の製造工程に基づいて作製したインダクタも、前述した各実施形態のインダクタと同様に、アンテナ素子や方位センサのような磁気センサ等として使用される。製造されたインダクタは信号搬送周波数が 120~140kHz の RF タグや信号搬送周波数が 500kHz 程度のペンタグ等のデータキャリア部品、また信号搬送周波数が 40~120kHz の電波時計のアンテナ素子として好適である。データキャリア部品や電波時計のアンテナ素子にインダクタを適用することによって、それら機器の小型・高性能化等を実現することができる。インダクタはそれを搭載する機器の小型化や薄型化等に有効であることから、携帯型の機器に好適に使用されるものである。

【実施例】

【0055】

次に、本発明の具体的な実施例およびその評価結果について述べる。

【0056】

実施例 1～5、参考例 1～2、比較例 1～2

まず、 $(\text{Co}_{0.90}\text{Fe}_{0.05}\text{Mn}_{0.02}\text{Nb}_{0.03})_{71}\text{Si}_{15}\text{B}_{14}$ の合金組成を有し、かつ厚さ $17\mu\text{m}$ ×幅 0.8mm ×長さ 50mm のアモルファス磁性合金薄帯を30枚用意した。これらアモルファス磁性合金薄帯の表面を SiO_2 で絶縁処理した後に積層した。このようなアモルファス磁性合金薄帯の積層物を、外径 1.5mm 、厚さ 0.2mm 、長さ 50mm のシリコン樹脂製チューブ（実施例 1）内に挿入してコアを作製した。同様な形状を有するポリエチレン樹脂製チューブ（実施例 2）、ポリプロピレン樹脂製チューブ（実施例 3）、ポリアミド樹脂製チューブ（実施例 4）、およびスチレンゴム製チューブ（実施例 5）内に、それぞれアモルファス磁性合金薄帯の積層物を挿入してコアを作製した。また、同様な形状を有するフェノール樹脂製チューブ（参考例 1）およびエポキシ樹脂製チューブ（参考例 2）を用いて、それぞれ実施例と同様なコアを作製した。さらに、アモルファス磁性合金薄帯間をエポキシ樹脂で接着した積層物（比較例 1）およびアモルファス磁性合金薄帯の積層物をエポキシ樹脂で樹脂含浸した積層物（比較例 2）を用いて、それぞれ実施例と同様なコアを作製した。

【0057】

上述した各例のコアの周囲にコイル導体を30ターンで巻回してコイルを形成することによって、それぞれインダクタを作製した。これら各インダクタを端部間の距離が 20mm となるまで湾曲させることによって、その特性を評価した。具体的には、直線状態における初期インダクタンス値 L_0 と、初期インダクタンス値 L_0 に対する湾曲させた状態でのインダクタンス値 L の変化率 (L/L_0) を求めた。また、上記形状まで湾曲できるかどうかでコアの曲げ性を評価した。さらに、コアにコイル導体を巻回した際に、絶縁チューブが耐え得るかどうかで耐久性を評価すると共に、巻線の状態を評価した。これらの測定、評価結果を表 2 に示す。

【0058】

【表 2】

	コア	評価結果				
	絶縁被覆材質	インダクタンス (初期値) L_0	L/L_0 (%)	絶縁被覆 の状態	コアの 曲げ状態	巻線の 状態
実施例 1	シリコン樹脂	10.8	112	○	○	異常なし
実施例 2	ポリエチレン樹脂	10.8	111	○	○	異常なし
実施例 3	ポリプロピレン樹脂	10.8	107	○	○	異常なし
実施例 4	ポリアミド樹脂	10.8	107	○	○	異常なし
実施例 5	スチレンゴム	10.8	109	○	○	異常なし
参考例 1	フェノール樹脂	10.8	86	×(破損)	○	傷発生
参考例 2	エポキシ樹脂	10.8	85	×(破損)	○	傷発生
比較例 1	(エポキシ接着積層)	10.9	50	○	×(破断)	傷発生
比較例 2	(積層エポキシ含浸)	11.1	52	○	×(破断)	傷発生

【0059】

表 2 から明らかなように、実施例 1～5 によるインダクタはいずれも曲げ性に優れ、かつ曲げた状態においても良好なインダクタンスが維持されていることが分かる。なお、参考例 1～2 によるインダクタは曲げ性には優れていたものの、絶縁チューブの耐久性が低いことから、実施例に比べて実用性が劣ることが分かる。具体的には、参考例 1～2 によるインダクタは絶縁チューブが破壊し、また巻線がほどけ、さらには磁性合金薄帯と巻線とが接触して巻線に傷が認められた。比較例 1～2 によるインダクタは曲げることが困難で、湾曲した状態での搭載等は実用的には不可能であることが確認された。具体的には、力を加えることで磁性合金薄帯間の接着が剥れると共に、磁性合金薄帯が破損して巻線を傷つけた。

【0060】

実施例 6

上記した実施例 1 において、表面粗さ R_f が異なるアモルファス磁性合金薄帯をそれぞれ用いる以外は、実施例 1 と同様にしてインダクタをそれぞれ作製した。これら各インダクタの直線状態におけるインダクタンス L_0 に対する湾曲状態（端部間の距離が 20mm になるまで湾曲させた状態）でのインダクタンス L の比（ L/L_0 ）、同様に直線状態における Q 値（ Q_0 ）に対する上記湾曲状態における Q 値（ Q ）の比（ Q/Q_0 ）を、それぞれ測定、評価した。これらの結果を表 3 および図 12 に示す。

【0061】

【表 3】

試料 No	表面粗さ R_f	インダクタンス			Q 値		
		初期時 L_0	曲げ時 L	L/L_0	初期時 Q_0	曲げ時 Q	Q/Q_0
1	0.05	10.8	8.9	0.83	28.4	16.1	0.55
2	0.10	10.7	11.1	1.03	28.3	22.2	0.76
3	0.18	10.7	12.1	1.13	28.7	23.9	0.81
4	0.20	10.5	12.0	1.14	28.9	24.4	0.82
5	0.25	10.4	12.3	1.19	29.0	24.8	0.83
6	0.30	10.3	11.9	1.16	29.1	24.0	0.80
7	0.38	10.1	10.6	1.05	29.3	22.6	0.75
8	0.45	9.9	9.5	0.96	29.5	21.6	0.71
9	0.50	9.5	8.5	0.90	29.6	19.2	0.63
10	0.60	9.4	6.5	0.69	29.5	15.2	0.50

【0062】

表 3 および図 12 から明らかなように、アモルファス磁性合金薄帯の表面粗さ R_f は 0.08~0.45 の範囲であることが好ましいことが分かる。アモルファス磁性合金薄帯の表面粗さ R_f は望ましくは 0.1~0.35 の範囲である。そのような表面粗さ R_f を有するアモルファス磁性合金薄帯を用いることで曲げ性等が向上することから、曲げた状態でのインダクタンス値や Q 値を高めることができる。

【0063】

実施例 7

上記した実施例 1 において、アモルファス磁性合金薄帯の積層数を変えてチューブ内の占積率を変更する以外は、実施例 1 と同様にしてインダクタをそれぞれ作製した。これら各インダクタの直線状態におけるインダクタンス L_0 、 L_0 に対する湾曲状態（実施例 6 と同様に湾曲させた状態）におけるインダクタンス L の比（ L/L_0 ）、同様に直線状態における Q 値、 Q_0 に対する上記湾曲状態における Q 値（ Q ）の比（ Q/Q_0 ）を、それぞれ測定、評価した。これらの結果を表 4、図 13 および図 14 に示す。なお、図 13 はインダクタを曲げた状態における L および Q の占積率に対する変化を、また図 14 は L/L_0 比および Q/Q_0 比の占積率に対する変化を示す。

【0064】

【表 4】

試料 No	磁性合金薄帯		インダクタンス				Q値		
	枚数	占積率 (%)	初期時 L_0	1枚当り のL値	曲げ時 L	L/L_0	初期時 Q_0	曲げ時 Q	Q/Q_0
1	1	3	2.9	2.9	3.47	1.18	13.5	13.3	0.99
2	5	14	6.4	1.3	7.56	1.18	18.1	17.8	0.98
3	10	29	7.8	0.8	8.94	1.15	20.7	20.3	0.98
4	15	43	8.7	0.6	10.0	1.15	23.7	21.5	0.91
5	20	57	9.3	0.5	10.5	1.13	25.8	22.5	0.87
6	30	86	10.7	0.4	11.6	1.08	28.7	23.9	0.83
7	32	91	10.8	0.3	11.5	1.06	29.2	21.5	0.74
8	35	100	11.2	0.3	11.5	1.03	30.0	16.5	0.55

【0065】

表4、図13および図14から明らかなように、アモルファス磁性合金薄帯によるチューブ内の占積率を90%以下にすることによって、曲げた状態でのQ値を高く保つことができる。ただし、チューブ内の占積率が低すぎると L_0 および Q_0 の値が小さくなるため、実用的には20%以上の占積率を確保することが好ましい。占積率は40%以上とすることがより好ましい。

【0066】

実施例8

($\text{Co}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}$)₇₅($\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5}$)₂₅の合金組成を有し、かつ厚さ $15\mu\text{m}$ ×幅 35mm のアモルファス磁性合金薄帯を用意し、このアモルファス磁性合金薄帯の幅方向に $1000\text{A}/\text{m}$ の磁界を印加して 200°C で180分間熱処理した。次いで、アモルファス磁性合金薄帯の表面をエポキシ樹脂でコーティングし後、アモルファス磁性合金薄帯の幅が 2mm となるように加工した。なお、アモルファス磁性合金薄帯の長さについては、 $5\sim 80\text{mm}$ の範囲で複数用意した。このようなアモルファス磁性合金薄帯をそれぞれ20枚積層し、エポキシ樹脂で固定した。これら積層物の周囲に内径 3mm 、巻数100ターン、長さ 8mm の巻線を施した。

【0067】

上述したコイル長さ a を 8mm で一定とし、コア長さ b が $5\sim 80\text{mm}$ の範囲の各インダクタのインダクタンス値を測定した。その測定結果を図15に示す。図15から分かるように、コイル長さ a が 8mm のときにはコア長さ b を 10mm 以上とすることで良好なインダクタンスを得ることができる。図16は、コイル長さ a を 8mm 、 10mm 、 13mm とした場合に、コア長さ b を $5\sim 80\text{mm}$ の範囲で変化させた各インダクタのインダクタンス値(測定値)を示している。いずれの場合においても、コイル長さ a とコア長さ b との関係が $a > b - 2[\text{mm}]$ となると、急激にインダクタンスが小さくなることが分かる。さらに、コイル長さ a とコア長さ b との関係が $a \leq b - 4[\text{mm}]$ を満足するときに、より良好なインダクタンスが得られることが分かる。

【0068】

実施例9

上記した実施例8において、磁場中熱処理後のアモルファス磁性合金薄帯の加工を幅 1mm 、 2mm 、 5mm にすると共に、コアの周囲に巻回するコイルの内径を 2mm 、 3mm 、 7mm に変更する以外は、それぞれ実施例8と同様にしてインダクタを作製した。このような場合において、コア長さ b が $5\sim 80\text{mm}$ の範囲の各インダクタのインダクタンス値を測定した。その測定結果を図17に示す。図18は図17のインダクタンス値を相対値としたものである。図18から分かるように、いずれの場合もコイル長さ a とコア長さ b との関係が $a > b - 2[\text{mm}]$ となると急激にインダクタンスが小さくなる。さらに、コイル長さ a とコア長さ b との関係が $a \leq b - 4[\text{mm}]$ を満足するときに、より良好なインダクタンスが得られることが分かる。

【0069】

実施例10

表5に示す条件でそれぞれ熱処理したアモルファス磁性合金薄帯を幅2mm×長さ30mmに加工した後、それらの表面にポリイミド系絶縁膜を塗布、焼成した。このようなアモルファス磁性合金薄帯をそれぞれ20枚積層し、エポキシ樹脂で固定した。このような各積層物の周囲に内径4mm、巻数100ターンの巻線を施すことによって、それぞれインダクタを作製した。また、比較試料として、表面に絶縁膜を形成していないアモルファス磁性合金薄帯を用いてインダクタを作製した。このような各インダクタについて、1m離れた場所に置いたソレノイドコイルにより発生させた周波数100kHzの電磁界によって、各インダクタに発生した誘導起電力を測定した。測定結果を図19に示す。図19から明らかなように、アモルファス磁性合金薄帯間に層間絶縁膜が配置されていないと誘導起電力が低下することが分かる。これは積層膜間の渦電流損失による。

【0070】

【表5】

試料名	組成	膜厚(μm)	熱処理温度(℃)	熱処理時間(min.)
S-A	(Fe _{1-x} Cox) ₇₈ (SiB) ₂₂	15	140	180
S-B	(Fe _{1-x} Cox) ₇₈ (SiB) ₂₂	15	160	240
S-C	(Fe _{1-x} Cox) ₇₈ (SiB) ₂₂	15	180	190
S-D	(Fe _{1-x} Cox) ₇₈ (SiB) ₂₂	15	200	60
S-E	(Fe _{1-x} Cox) ₇₈ (SiB) ₂₂	15	190	160

【0071】

次に、上述したアモルファス磁性合金薄帯の積層物に条件を変えてライトエッチングを施し、図8に示した距離dが異なるコアを作製し、さらにその周りに巻線を施してインダクタを作製した。なお、各試料は積層物をエポキシ樹脂で固めた後に側面を研磨し、この積層物のアモルファス磁性合金薄帯を30% HCl 溶液でエッチングした。このエッチングの際の時間を変えることで、距離dを変化させた。このようなインダクタをそれぞれ30個作製し、それぞれの誘導起電力を上述した方法で測定した。この測定結果について、Q値の標準偏差が10%以上になる場合はバラツキが大きいために不良と判断した。その結果を表6に示す。表6から、dは0.001mm以上とすることが好ましいことが分かる。また、dを大きくしすぎると、磁気特性に対して重要なアモルファス磁性合金薄帯の大きさが一定のままコアが大きくなるので、dは0.4mm以下、さらには0.1mm以下とすることが望ましい。

【0072】

【表6】

d (mm)	誘導起電力 の判定結果
0	×
0.001	○
0.01	○
0.1	○
0.4	○

【0073】

実施例 11

上記した実施例8と同様に、厚さ15μm×幅35mmのアモルファス磁性合金薄帯に磁場中熱処理した後に、アモルファス磁性合金薄帯の幅が2mmとなるように切断した。このようなアモルファス磁性合金薄帯（長さ：13mm）を16枚積層し、エポキシ樹脂で固定した。この積層物の周囲に巻数150ターンの巻線を施してインダクタを作製した。また、比較例として、幅2mmに切断した後に磁場中熱処理を施したアモルファス磁性合金薄帯を用いて同様なインダクタを作製した。なお、熱処理はいずれも幅方向に40kA/mの磁界を印加し、20

0℃×180minの条件で実施した。これら各インダクタの誘導起電力を実施例10と同様に測定した。その結果を図20および図21に示す。図21は誘導起電力を相対値で表したものである。これらの図から明らかなように、最終幅が広い場合には切断前後の熱処理で得られる特性はほとんど変わらないが、幅が4mm以下程度になると切断前の幅広状態で磁界中熱処理を施した方が良好な特性を得られることが分かる。すなわち、幅が5mm以下の場合には、切断前に熱処理することで特性が10%以上改善される。

【0074】

実施例12

(Co_{0.95}Fe_{0.05})₇₅(Si_{0.55}B_{0.45})₂₅の合金組成を有し、かつ厚さ15μm×幅35mmのアモルファス磁性合金薄帯を用意し、このアモルファス磁性合金薄帯の幅方向に1000A/mの磁界を印加して200℃で180分間熱処理した。次いで、アモルファス磁性合金薄帯の表面をエポキシ樹脂でコーティングし後、適当な長さに仮切断した。これを16枚積層してエポキシ樹脂で固定した後、この積層物にライトエッチングを施した。次に、この積層物を幅4mmに切断し、さらに長さ13mmに切断した。このような積層物をコアとして用い、その周囲に巻数150ターンの巻線を施してインダクタとした。このようにして得たインダクタのインダクタンスを測定した。その結果を図22に示す。なお、図22中の比較例は磁場中熱処理を施していないアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタの測定結果である。図22から明らかなように、この実施例によれば薄帯幅方向に良好な磁気異方性が付与されているため、インダクタンス値で8%以上の特性向上が図られていることが分かる。

【0075】

実施例13

実施例12と同様なアモルファス磁性合金薄帯を用意し、このアモルファス磁性合金薄帯の幅方向に1000A/mの磁界を印加して200℃で180分間熱処理した。次いで、アモルファス磁性合金薄帯の表面をエポキシ樹脂でコーティングし後、アモルファス磁性合金薄帯を幅4mmに切断した。このアモルファス磁性合金薄帯にライトエッチングを施した後、適当な長さに仮切断した。これを16枚積層し、熱収縮チューブに挿入して固定した。次に、この熱収縮チューブで固定した積層物を長さ13mmに切断した。このような積層物をコアとして用い、その周囲に巻数150ターンの巻線を施してインダクタとした。このようにして得たインダクタの誘導起電力を測定した。その結果を図23に示す。なお、図23中の比較例は磁場中熱処理を施していないアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタの測定結果である。この実施例によれば薄帯幅方向に良好な磁気異方性が付与されているため、誘導起電力の値で40%以上の特性向上が図れる。

【0076】

実施例14

図24は、磁気異方性を付与していないアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタ(試料1)と、長手方向に磁気異方性を付与したアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタ(試料2~4)と、幅方向に磁気異方性を付与したアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタ(試料5~7)について、それぞれ周波数を変えてインダクタンスを測定した結果である。なお、熱処理はいずれも1000A/mの磁界を印加し、190℃×180minの条件で実施した。図24から明らかなように、薄帯長手方向に磁気異方性を付与したアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタは、薄帯幅方向に磁気異方性を付与したインダクタに比べて、周波数が高い領域ではインダクタンスが劣るものの、周波数が低い領域(200kHz以下)ではインダクタンスが向上していることが分かる。特に、100kHz以下の周波数領域でインダクタンスの向上が顕著であり、薄帯長手方向に磁気異方性を付与したアモルファス磁性合金薄帯を用いたインダクタは100kHz以下の周波数領域で使用することが好ましいことが分かる。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明の第1の実施形態によるインダクタの概略構成を示す斜視図である。

【図 2】 図 1 に示すインダクタのコア部分を示す横断面図である。

【図 3】 図 1 に示すインダクタの縦断面図である。

【図 4】 図 1 に示すインダクタの変形例を示す横断面図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施形態によるインダクタの概略構成を示す縦断面図である。

【図 6】 図 5 に示すインダクタのコア部分の一例を示す横断面図である。

【図 7】 図 5 に示すインダクタのコア部分の他の例を示す横断面図である。

【図 8】 図 5 に示すインダクタのコア部分の要部を示す断面図である。

【図 9】 本発明の第 3 の実施形態によるインダクタの概略構成を示す斜視図である。

【図 10】 本発明の一実施形態によるインダクタの製造工程を示す図である。

【図 11】 本発明の他の実施形態によるインダクタの製造工程を示す図である。

【図 12】 本発明の実施例 6 による磁性合金薄帯の表面粗さとインダクタンスおよび Q 値との関係を示す図である。

【図 13】 本発明の実施例 7 による磁性合金薄帯の占積率と曲げた状態でのインダクタンス値および Q 値との関係を示す図である。

【図 14】 本発明の実施例 7 による磁性合金薄帯の占積率と L/L_0 比および Q/Q_0 比との関係を示す図である。

【図 15】 本発明の実施例 8 によるコイル長さを一定とした場合のコア長さとインダクタンスとの関係を示す図である。

【図 16】 本発明の実施例 8 によるコイル長さおよびコア長さとインダクタンスとの関係を示す図である。

【図 17】 本発明の実施例 9 による幅が異なるアモルファス磁性合金薄帯を用いた場合のコア長さとインダクタンスとの関係を示す図である。

【図 18】 図 17 のインダクタンスを相対値で示した図である。

【図 19】 本発明の実施例 10 によるアモルファス磁性合金薄帯間を層間絶縁した場合と層間絶縁していない場合の誘導起電力を比較して示す図である。

【図 20】 本発明の実施例 11 による幅広薄帯に磁場中熱処理を施した後に切断した場合と切断した後に磁場中熱処理した場合の誘導起電力を比較して示す図である。

【図 21】 図 20 の誘導起電力を相対値で示した図である。

【図 22】 本発明の実施例 12 によるインダクタのインダクタンスと周波数との関係を示す図である。

【図 23】 本発明の実施例 13 によるインダクタのインダクタンスと周波数との関係を示す図である。

【図 24】 本発明の実施例 14 による薄帯長手方向に磁気異方性を付与した場合と薄帯幅方向に磁気異方性を付与した場合と磁気異方性を付与していない場合のインダクタンスと周波数との関係を示す図である。

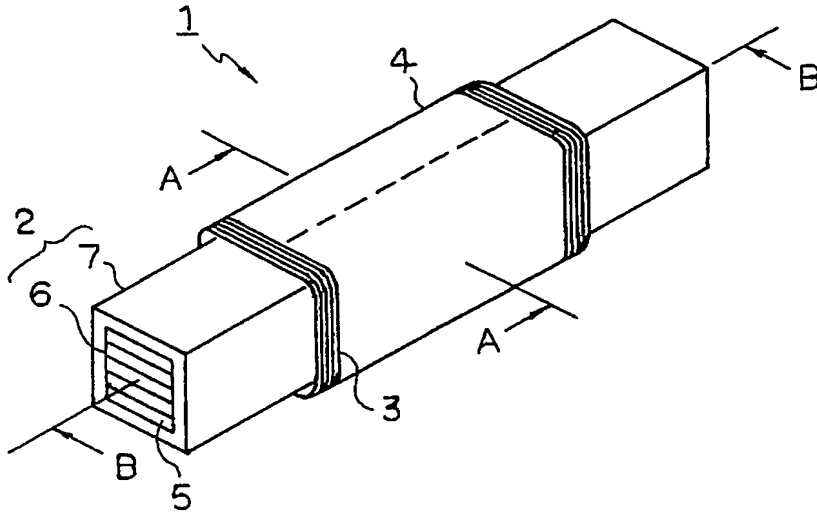
【符号の説明】

【0078】

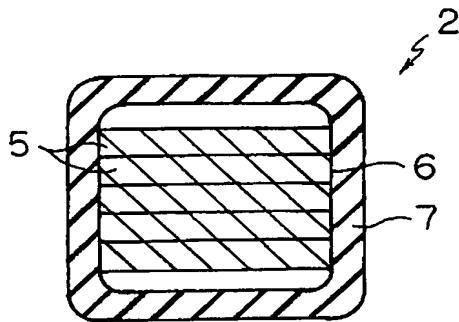
1, 11, 21……インダクタ、2, 12, 22……コア、3, 23……コイル導体、4, 13, 24……コイル、5, 14, 25……磁性合金薄帯、6, 16, 26……積層物、7, 17, 27……絶縁被覆層、15……層間絶縁層。

【書類名】 図面

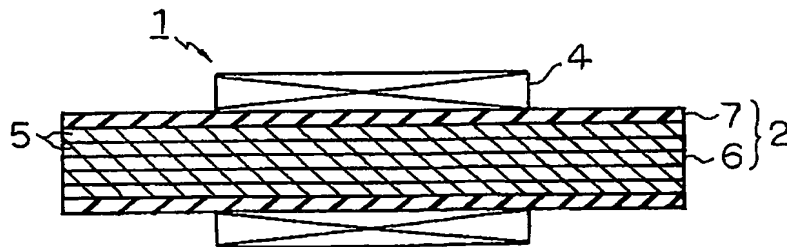
【図 1】



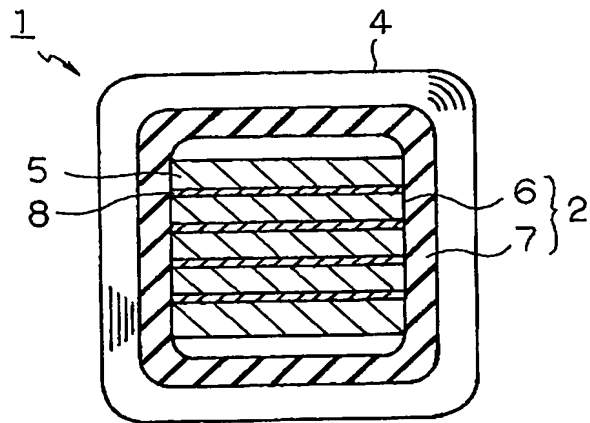
【図 2】



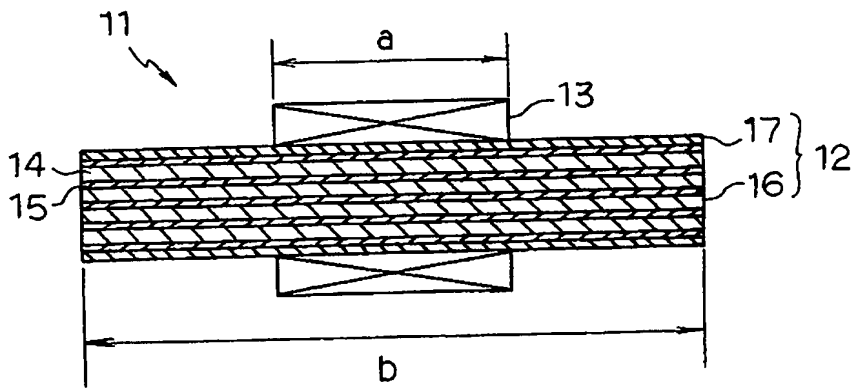
【図 3】



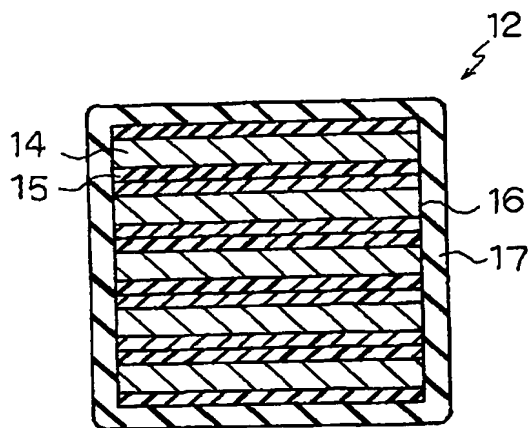
【図 4】



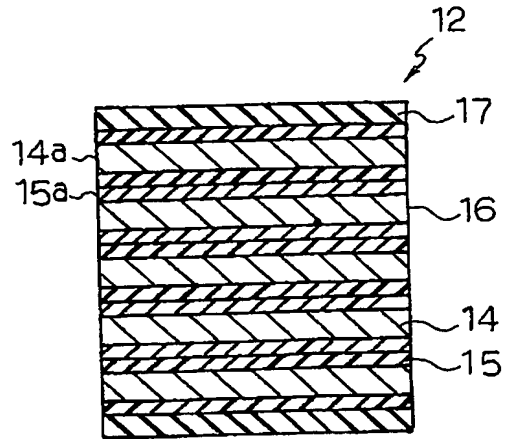
【図 5】



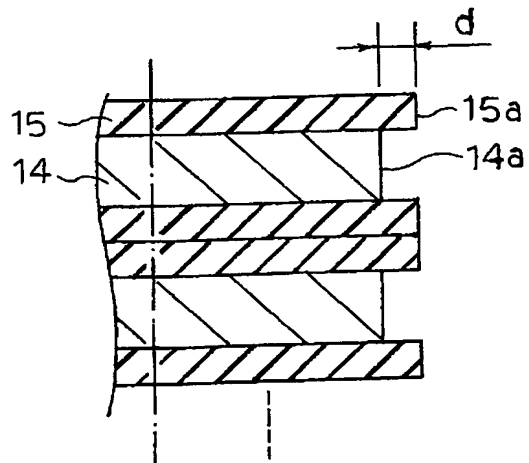
【図 6】



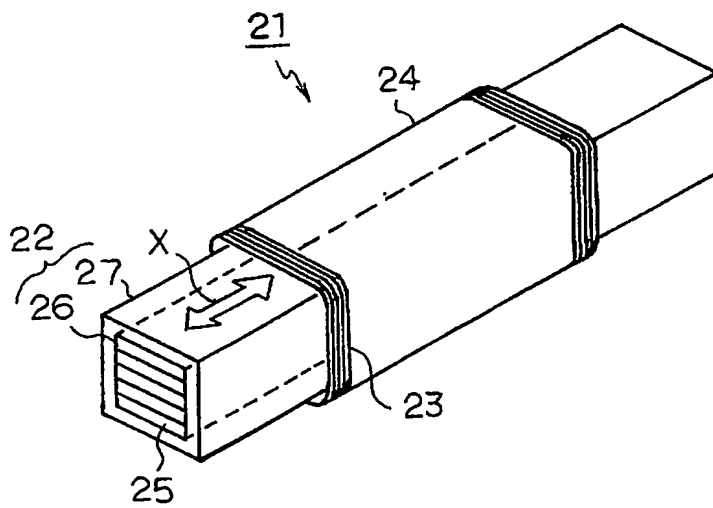
【図 7】



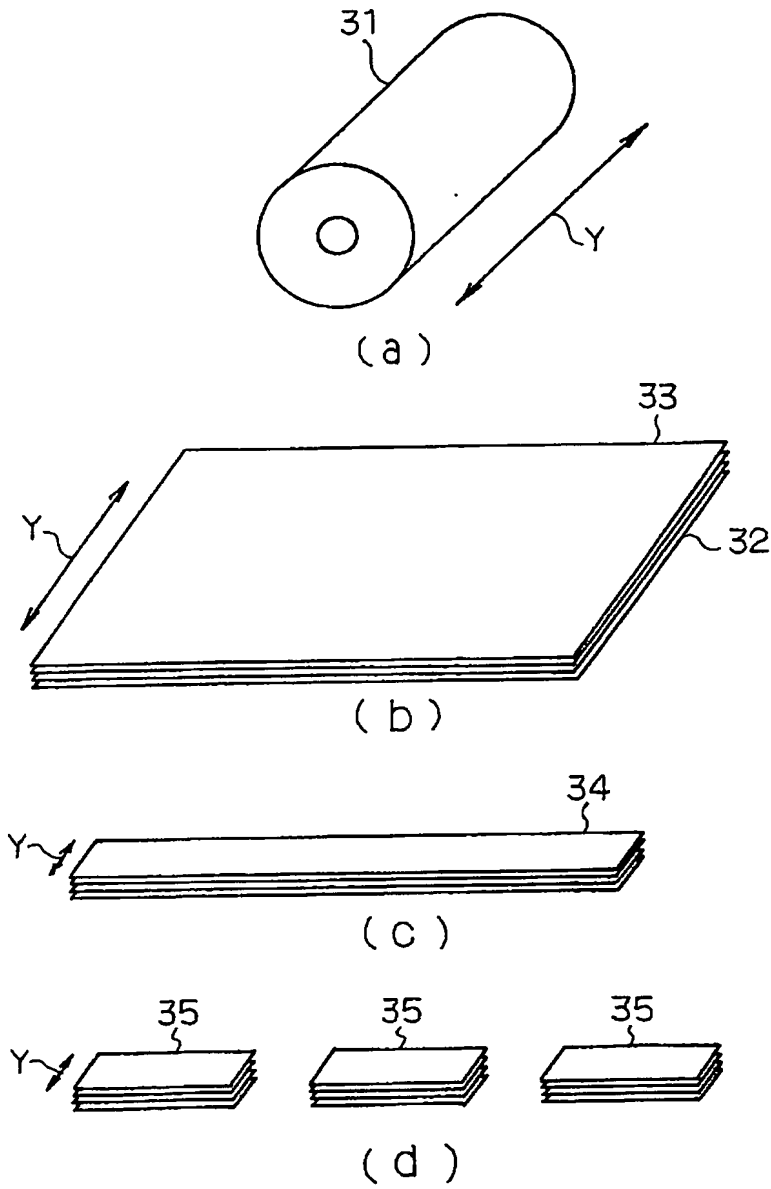
【図 8】



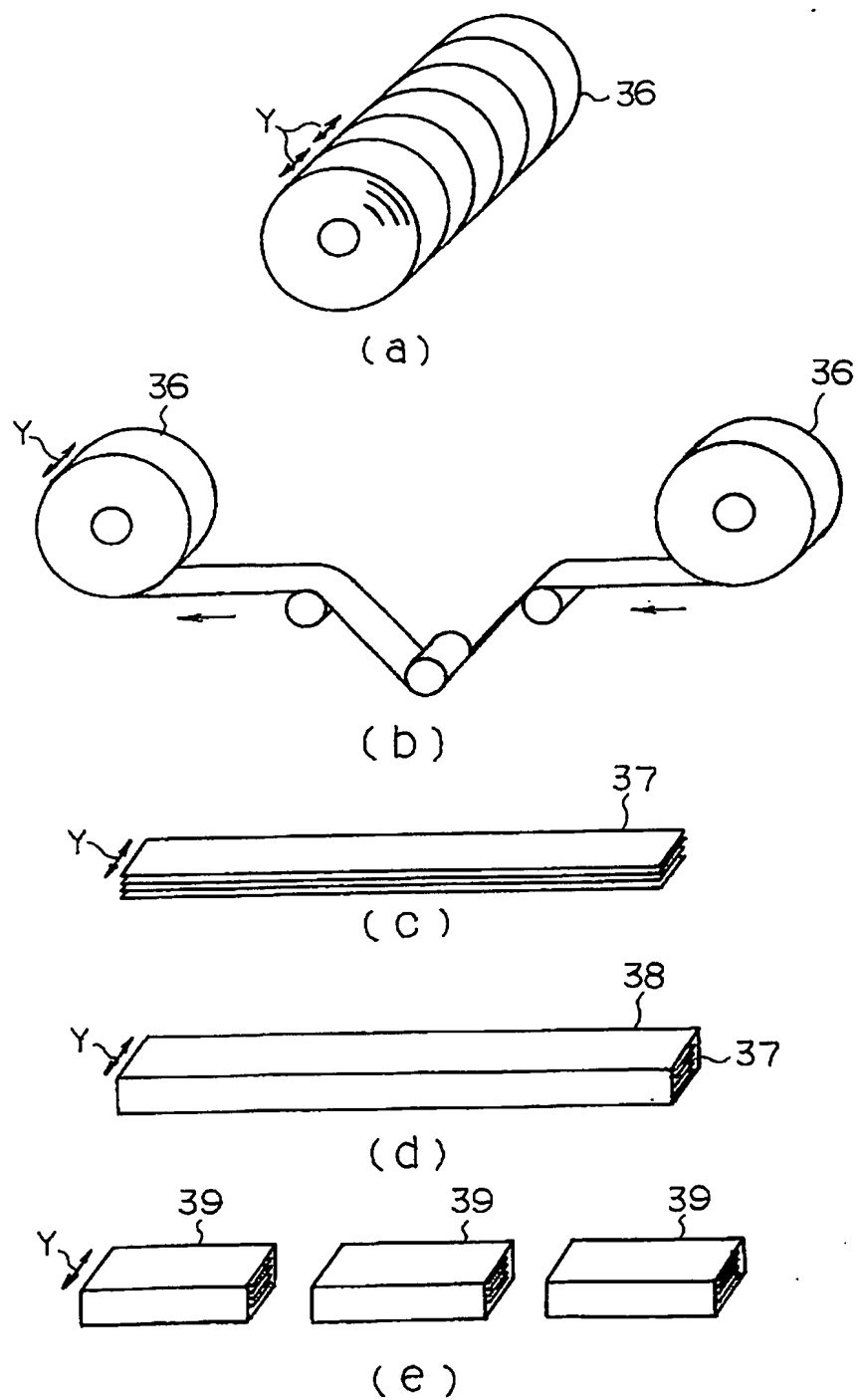
【図 9】



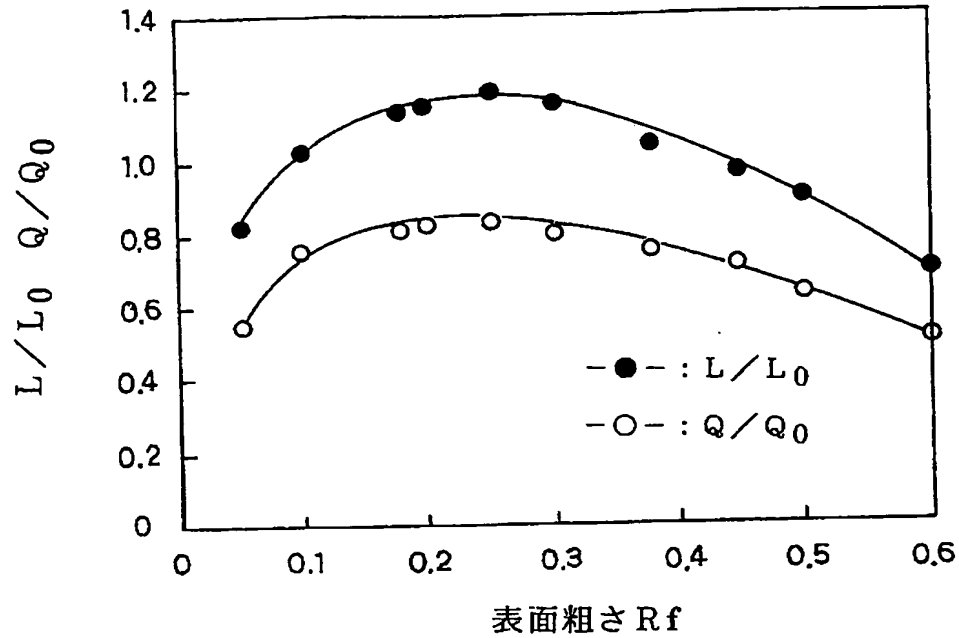
【図 10】



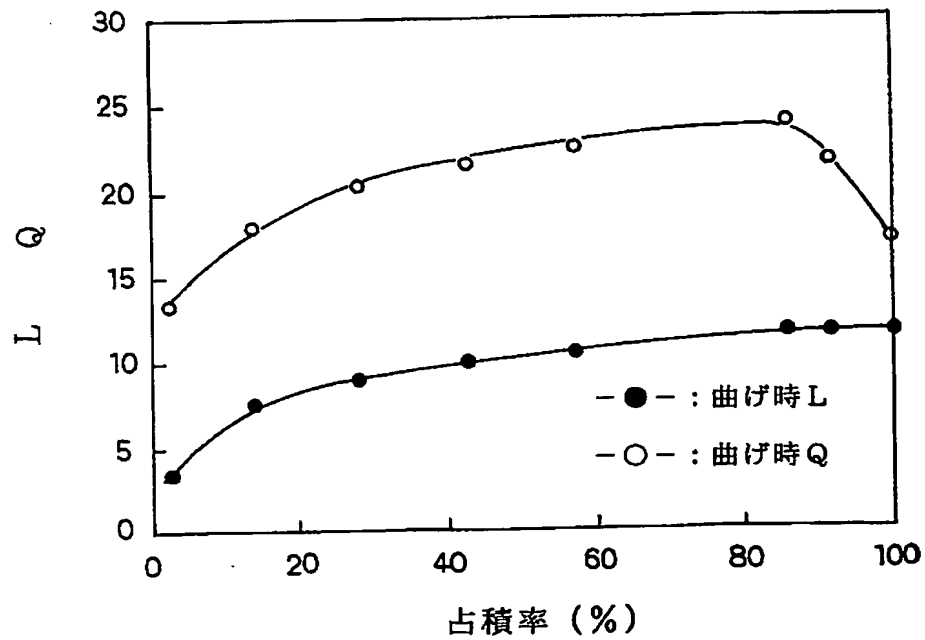
【図 11】



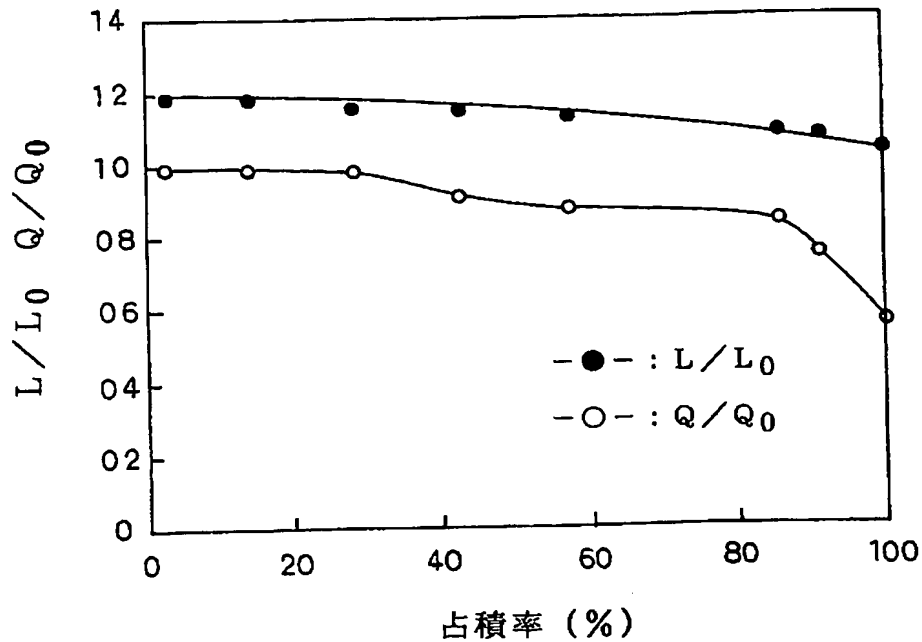
【図 12】



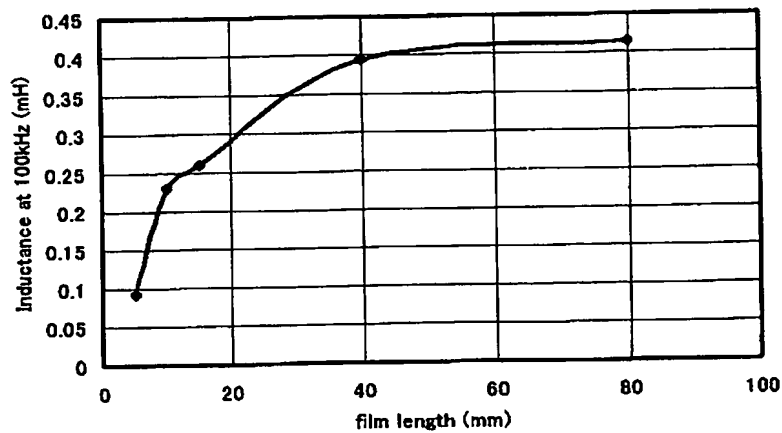
【図 13】



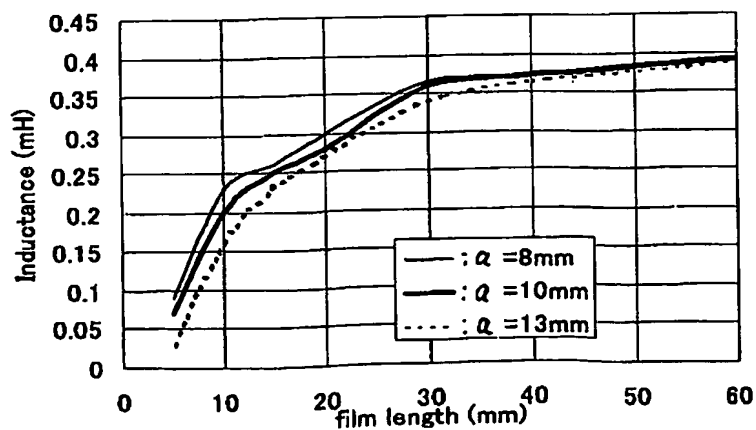
【図 14】



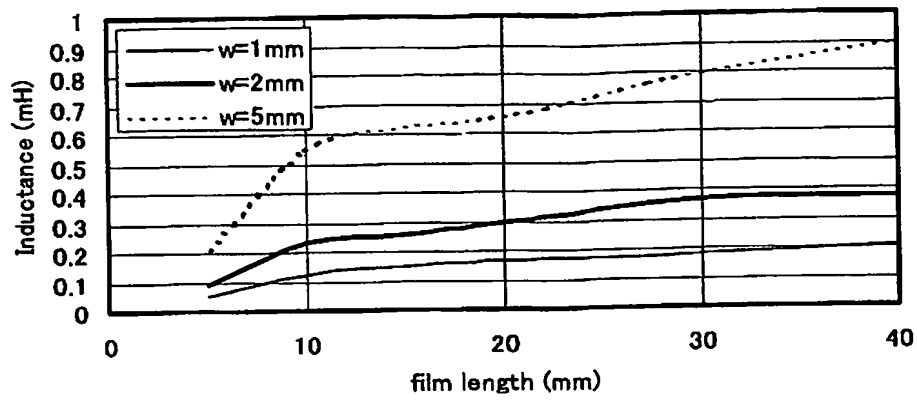
【図 15】



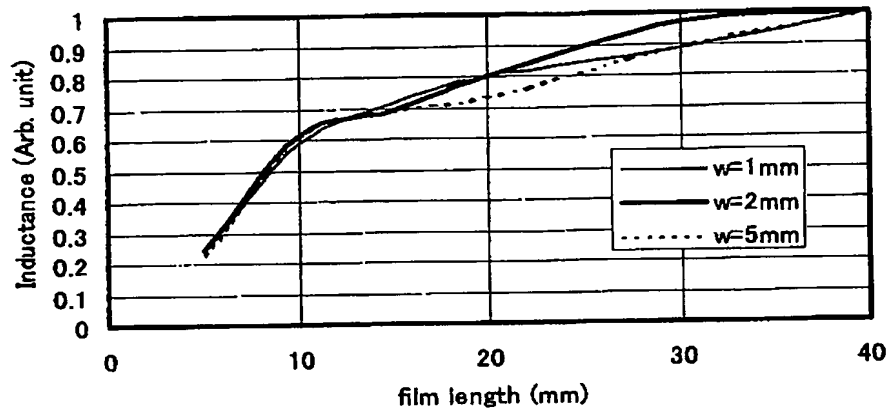
【図 16】



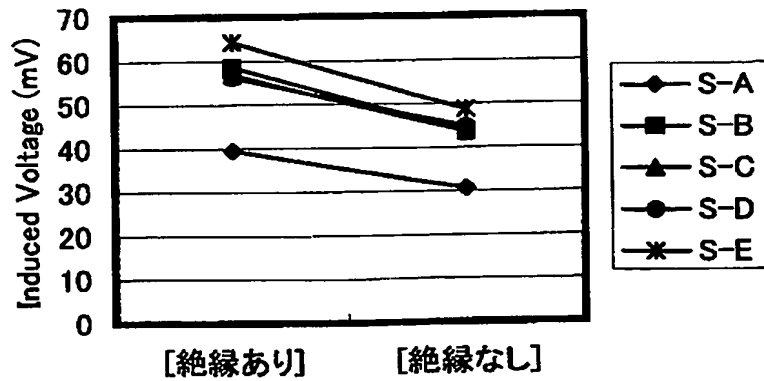
【図 17】



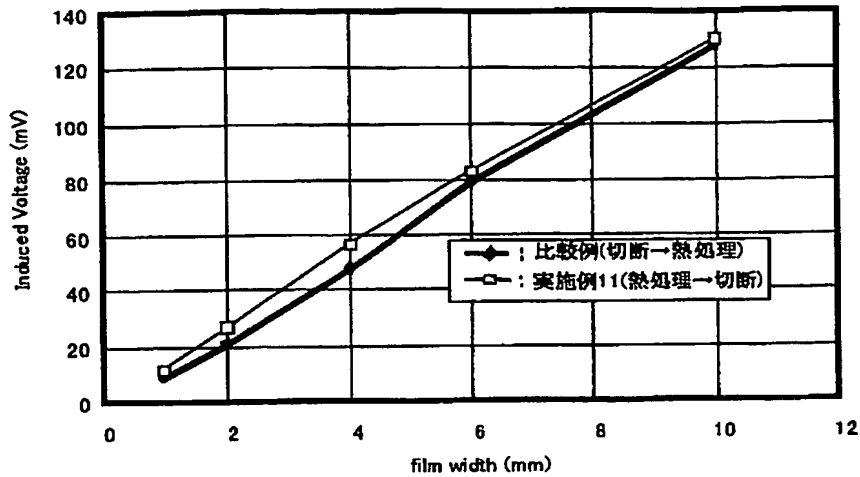
【図 18】



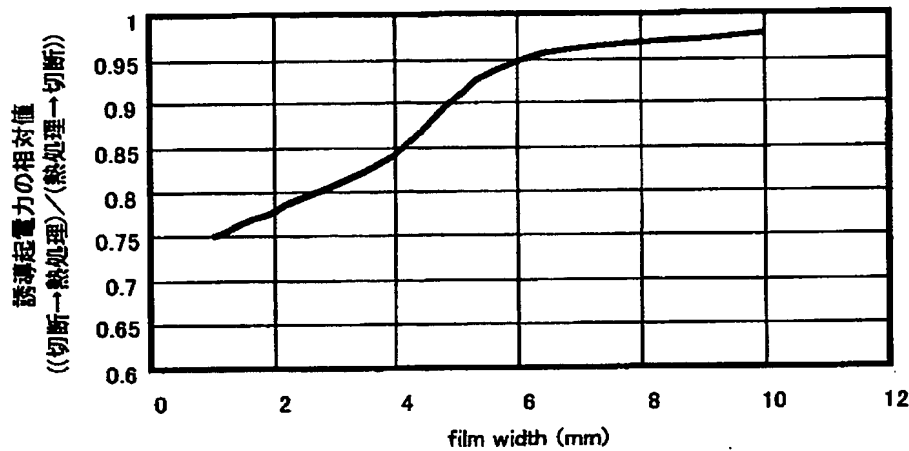
【図 19】



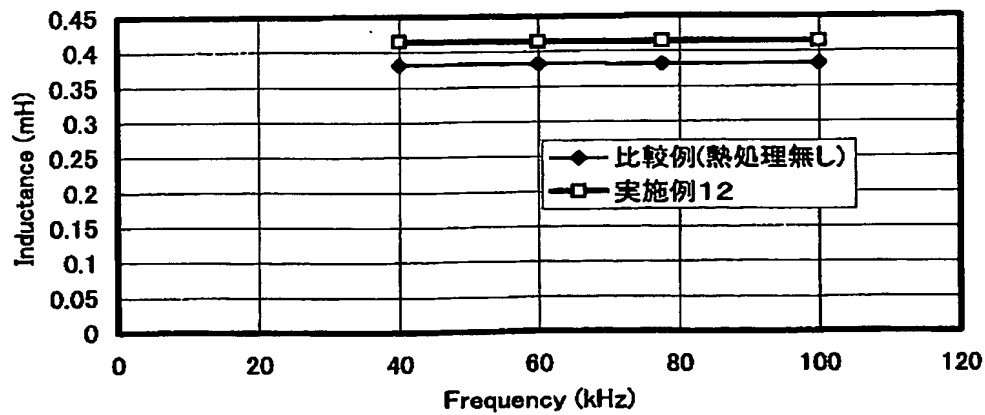
【図20】



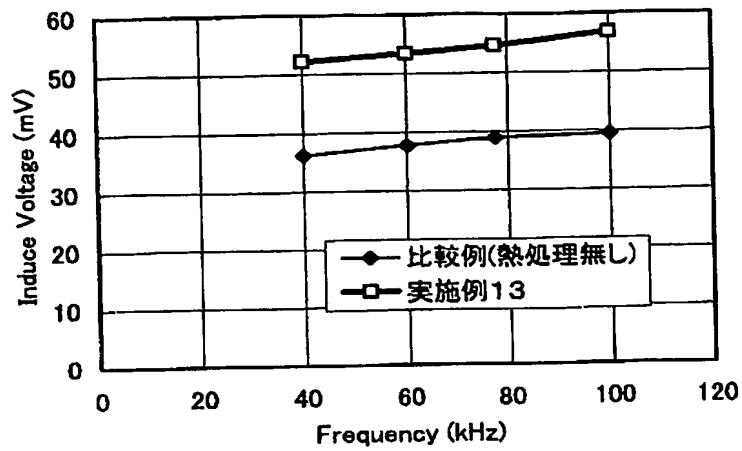
【図21】



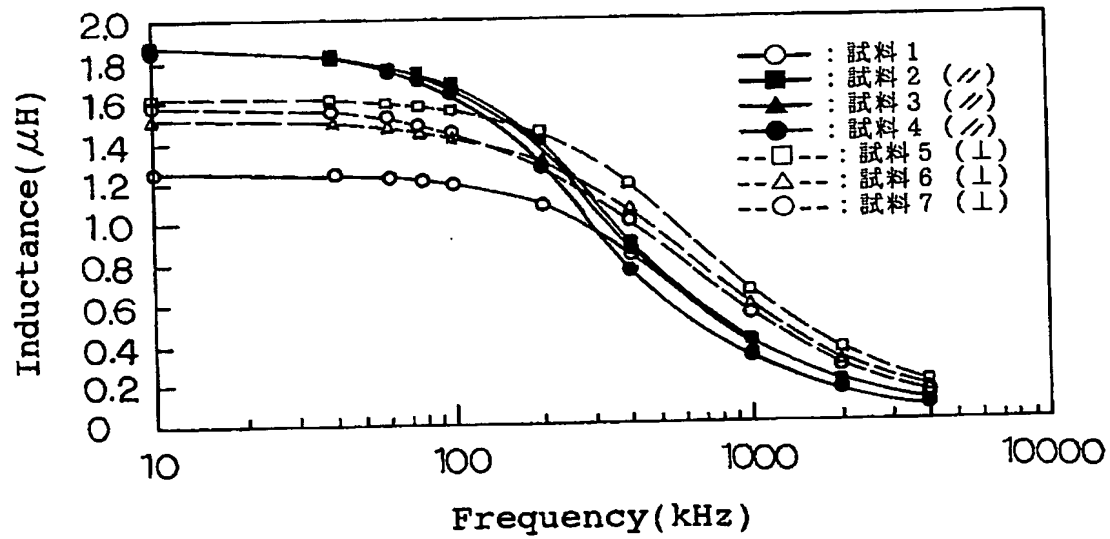
【図22】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁性合金薄帯の積層物をコアとして用いたインダクタにおいて、小型・高性能化に対応し得るように特性の向上を図る。

【解決手段】 インダクタンス素子 1 は、磁性合金薄帯 5 の積層物 6 とその外周面を非接着状態で覆う絶縁被覆層 7 とを有するコア 2 と、コア 2 の周囲に巻回されたコイル 4 とを具備する。磁性合金薄帯 5 は非接着状態で、あるいは柔軟性を有する絶縁性接着剤層を介して積層されている。また、コイル長さ a [mm] はコア長さ b [mm] に対して $a \leq b - 2$ [mm] の関係を満足している。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 6 3 5 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名	株式会社東芝

特願 2 0 0 3 - 3 6 3 5 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 3 0 5 8 3 2 8]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

2 0 0 3 年 1 0 月 1 5 日
新規登録
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地
東芝マテリアル株式会社